

РОЛЬ ХЕМОКЛИНА И ГАЛОКЛИНА В ОБРАЗОВАНИИ УГЛЕРОДИСТЫХ СЛАНЦЕВ

Я.Е. Жичко

Научный руководитель профессор В.П. Алексеев

Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия

Хемоклин (от греч. *Chemeia* – химия, *klino* – наклоняю, изменяю) – граница резкого изменения гидрохимических параметров. Одним из его примеров в природе служит Чёрное море (рис. 1, а), в котором он разделяет поверхностный обитаемый слой (С-слой) и слой с повышенным содержанием сероводорода (далее H_2S). В статье [1] проведен анализ распределения активно-подвижных форм зообентоса, обнаруживаемого в месте контакта хемоклина водной толщи со склоном черноморской бентали.

Результатами исследований стали выводы о том, что в Чёрном море скопления глубоководного микро- и мейобентоса сосредоточены преимущественно в границах периферийной бентальной полосы черноморского хемоклина, причём их основная часть располагается несколько выше верхней границы сероводорода. Однако во всех случаях местообитания глубоководного бентоса в Чёрном море отличаются, пусть и гипоксическими, но аэрированными условиями среды (субоксидная и редокс зоны) [1].

В статье [3] авторы считают Чёрное море гигантским резервуаром не только H_2S , но и метана, который выделился, предположительно, в процессе деятельности микроорганизмов из трещин на дне моря, а также из внешних источников — подводных грязевых вулканов и холодных метановых сипов (рис. 1, б). В данном случае, зона хемоклина является одним из факторов утяжеления метана, выходящего на поверхность.

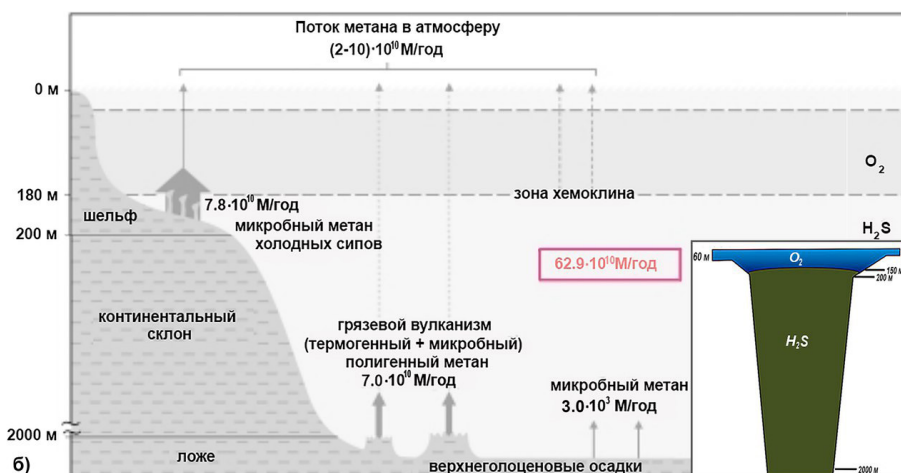


Рис. 1. А – Схема зональности Чёрного моря; Б – Баланс метана в Черном море. Цветом показана ежегодная микробная продукция CH_4 в водной толще [3]

Зарубежные исследователи в статье [5], на примере формации Green River предполагают, что явление хемоклина способствует обогащению H_2S -бассейнов углеводородсодержащими породами. Это происходит благодаря бентосу, живущему на границе хемоклина, который при отмирании опускался на дно. Так как в водах, обогащенных H_2S , миграция затруднена, он уплотнялся и входил в состав пластовых нефтяных сланцев (рис. 2).

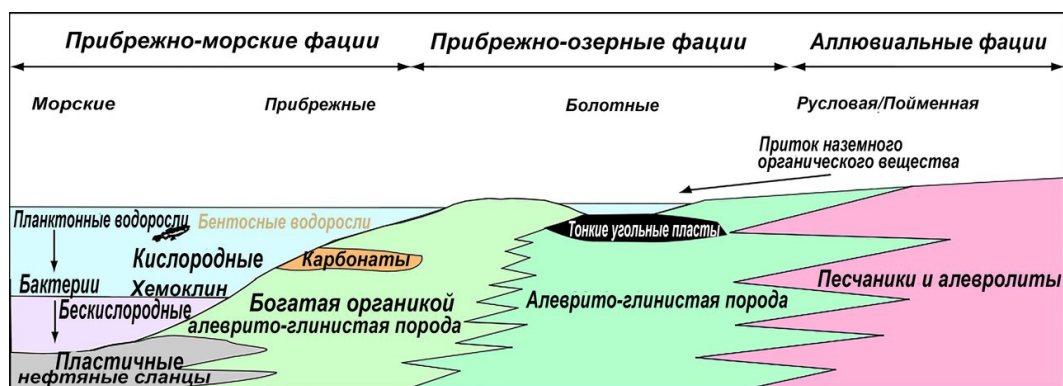


Рис. 2. Схема озерных и аллювиальных обстановок осадконакопления формации Green River [5, с дополнениями]

В то же время следует рассмотреть явление галоклина, который является одним из видов хемоклина. Он характеризуется резким изменением солености по вертикали, повышающей плотность воды и влияющей на её вертикальную стратификацию. По данным [6], при описании происхождения органического вещества в нефтематеринских породах, отмечено, что в субаэральных условиях органическое вещество легко уничтожается с помощью химических и микробиологических реакций вскоре после окисления, осаждения. Нефтематеринские породы хорошего качества могут быть сформированы в морях или озерах, в условиях кислородного голодания (явления хемоклина/галоклина). Такие условия называются анаэробными. Благодаря анаэробным условиям отсутствуют бентосные организмы, которые питались бы органическим веществом, необходимым для образования нефтематеринских пород. Вместе с тем, анаэробные условия предотвращают окисление этих веществ. Некоторые анаэробные бактерии, живущие в порах осадка, частично потребляют органическое вещество и уменьшают содержание SO_4 , вырабатывая H_2S . В условиях осадконакопления растворенное железо с сероводородом образует пирит (FeS_2). В средах, где оседают карбонатные породы, как правило, отсутствует растворенное железо. Содержание сульфидов будет выше нормы, что в конечном итоге приводит к образованию нефти богатой серой, которая является низкокачественной.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что явления хемоклина и галоклина являются весьма благоприятными для образования нефти и газа. Рассмотрим это явление на примере баженовской свиты (Западная Сибирь). Известно, что большая часть пород баженовской свиты представлена битуминозными аргиллитами, или, как их по-другому их называют, углеродистыми (черными) сланцами. На ранних стадиях изучения углеродистых сланцев было замечено, что в условиях кислородного голодания, или полного отсутствия кислорода, разложение органики замедляется. В работе [2] на примере Черного моря описывается формирование углеродистых сланцев. Как указано выше, примерно на глубине 200 м существует зона раздела вод с нормальным/пониженным содержанием кислорода (повышенным содержанием H_2S). Формируемые породы представлены кремниевыми обломочными турбидитами, чередующимися с тонкослоистыми, обогащенными органикой известняками. В настоящее время происходит осаждение тонкослоистых известняков кокколитового состава. Но, больший интерес для оценки формирования черных сланцев имеет накопление в погруженных частях сапропелевых осадков.

Авторы описывают две модели формирования сапропелевых осадков – Страхова (1971) и Дьюсера (1974). Н.М. Страхов и его последователи рассматривают накопление сапропелевых масс, как результат резкого повышения «продуктивности» вод, обусловленной достижением некой критической отметки, в результате долгого накопления питательных веществ в обедненной кислородом части бассейна. Согласно этому механизму, существенные количества ОВ в сапропелевых глинах накапливались в условиях обогащенного кислородом столба воды. Дьюсер предположил, что благодаря галоклину, формирующему застойные условия, резко возрастает сохранность органического углерода глубоководных осадков.

Но в результате измерения содержания в сапропелевой толще I/Vг, а так же при обнаружении повышенного содержания Mn, было установлено, что формирование сапропелевых осадков происходило в условиях нормального содержания кислорода [2], что ставит под сомнение эти модели. В их защиту стал П.Б. Вигналл, высказавший предположение о существовании обогащенных металлами «микротурбидитов», которые переносили осадок с обогащенных кислородом склонов на дно бассейна [2]. Кислород в них содержится вместе с алюминием (Al_2O_3). Его содержание может достигать 10%. Это явление могло быть вызвано резким уменьшением осаждения других осадочных компонентов ($C_{орг}$ и $Si_{био}$) [4].

Несмотря на явные противоречия, очевидна взаимосвязь хемоклина и образования углеродистых сланцев. Несомненно, этот вопрос заслуживает дальнейшего исследования и изучения, так как хемоклин может являться одним из факторов формирования нефтематеринских пород.

Литература

1. Гулин М.Б. Батиметрическое распределение живых активных форм зообентоса в хемоклине Чёрного моря // Морской экологический журнал. – Севастополь, 2013. – № 1. – С. 5 – 17.
2. Джафаров И.С. и др. Применение метода ядерного магнитного резонанса [Электронный ресурс] // petrogloss.narod.ru: Хрестоматия по петрофизике и интерпретации. URL: <http://petrogloss.narod.ru/NMR07.pdf> (дата обращения 24.12.2016).
3. Леин А.Ю., Иванов М.В. Крупнейший на Земле метановый водоем // ПРИРОДА. – Сетевая образовательная библиотека “VIVOS VOCO!”, 2005. – № 2. – С. 19 – 26.
4. Цветков Л.Д., Цветкова Н.Л. Некоторые вопросы теории тонкой слоистости сланцев // Сланцевые углеводороды. – Ярославль: Аверс Плюс, 2012. – 297 с.
5. Dubiel R.F. Chapter 5 Geology, Depositional Models, and Oil and Gas Assessment of the Green River Total Petroleum System, Uinta-Piceance Province, Eastern Utah and Western Colorado // Petroleum Systems and Geologic Assessment of Oil and Gas in the Uinta-Piceance Province, Utah and Colorado. – Denver: U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, 2003. – 41 с.
6. Leythaeuser D. Origin, migration and accumulation of petroleum // Encyclopedia of hydrocarbons. – Roma, 2005. – С. 65 – 84.